

确定大型输水工程目标电耗的重要性

姚福来, 张艳芳, 姚泊生, 张艳彬, 王洪霞

(河北省自动化技术开发公司, 河北 石家庄 050081)

摘要:通过对泵站电耗因素进行分析, 得出富裕扬程及效率偏差是泵站电能浪费的主要原因, 富裕扬程造成的电能浪费可以采用调速方法予以解决, 采用泵站目标电耗设计测算软件 Pump Save 1.0 可以解决泵站整体效率偏差问题, 对新建泵站进行目标电耗设计, 对已有泵站进行节能测算及目标电耗控制运行。

关键词:输水工程; 泵站; 调速; 效率偏差; 电耗

中图分类号: TV675

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2003)05-0056-02

准确确定泵站的目标电耗(最低吨水电耗)对于确定大型调水工程的运行成本具有重要的意义, 一是分析其经济效益, 二是判别泵站是否设计合理。

1 影响泵站电耗的因素

泵站的吨水电耗表达式^[1]为

$$W = \frac{H(Q, t)}{367 \times \eta(Q, H)} \quad (1)$$

式中: W 为吨水电耗值, $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$; $H(Q, t)$ 为泵站提供的总扬程, m ; $\eta(Q, H)$ 为泵站整体运行效率。

Q 为泵站的流量, t 为时间, $H(Q, t)$ 是流量 Q 和时间 t 的函数, 它的大小同工艺要求和设备自身的调节能力有关: ①在带有调速装置的泵站系统中, 通过调节水泵转速或开泵台数 $H(Q, t)$ 可以按照工艺要求(如管网特性要求, 企业中生产工艺的要求, 时间段的要求)提供; ②在没有调速装置的情况下, 由于设备自身特性同工艺要求不一定匹配, 所以泵站输出的 $H(Q, t)$ 也不一定等于工艺要求的扬程, 有一些富裕扬程被浪费, 比如通过开关泵调节供水扬程时, 关 1 台泵扬程不够, 而开 1 台泵扬程又富裕很多, 这时就只能采取扬程富裕的运行方式, 在通过阀门调节供水扬程的场合, 虽然可以做到让阀后满足工艺要求, 但阀前水泵提供的富裕扬程却被浪费了^[2]。

$\eta(Q, H)$ 是流量 Q 和扬程 $H(Q, t)$ 的函数, 它的表达式如下:

$$\eta(Q, H) = \eta_1(Q, H) \eta_2(Q, H) \eta_3(Q, H) \eta_4(Q, H) \eta_5(Q, H) \eta_6(Q, H) \quad (2)$$

式中: $\eta_1(Q, H)$ 为水泵的运行效率; $\eta_2(Q, H)$ 为联

轴器的运行效率; $\eta_3(Q, H)$ 为电机的运行效率; $\eta_4(Q, H)$ 为调速装置的运行效率; $\eta_5(Q, H)$ 为配电装置的运行效率; $\eta_6(Q, H)$ 为变压器的运行效率。

假设工艺要求的泵站总扬程为 $H_0(Q, t)$, 泵站提供的总扬程为 $H(Q, t)$, 则泵站浪费的富裕扬程为 $\Delta H(Q, t)$:

$$\Delta H(Q, t) = H(Q, t) - H_0(Q, t) \quad (3)$$

泵站的整体效率 $\eta(Q, H)$ 随着流量 Q 和泵站总扬程 $H(Q, t)$ 变化, 对于给定泵站的某一工况(Q, H), 采用不同的运行方式, 泵站的整体效率是不同的, 在这些可以采取的调节方式中, 存在一个整体效率最好的运行方式, 该最大效率值记为 $\eta_{\max}(Q, H)$, $\eta_{\max}(Q, H)$ 不是所有设备最高效率的乘积, 而是指对应工况, 在所有可能的调节手段中所能达到的最高效率, 是一个有约束条件的最大值。泵站实际整体运行效率 $\eta(Q, H)$ 同最大效率 $\eta_{\max}(Q, H)$ 之间的差值, 称为效率偏差 $\Delta\eta(Q, H)$ 。

$$\Delta\eta(Q, H) = \eta_{\max}(Q, H) - \eta(Q, H) \quad (4)$$

泵站的吨水电耗表达式(1)可以变为

$$W = \frac{H_0(Q, t)}{367 \times \eta_{\max}(Q, H)} + \frac{H_0(Q, t)}{367 \times \Delta\eta_{\max}(Q, H)} \cdot \frac{\Delta\eta(Q, H)}{\eta(Q, H)} + \frac{\Delta H(Q, t)}{367 \times \eta(Q, H)} \quad (5)$$

式(5)中的第一部分代表了泵站所能实现的最小吨水电耗, 这是我们所追求的目标电耗, 记为 $W_{\min}$ 。

$$W_{\min} = \frac{H_0(Q, t)}{367 \times \eta_{\max}(Q, H)} \quad (6)$$

式(5)中的第二部分代表了当前工况下,泵站存在的节电潜力,从负面讲也是泵站浪费的吨水电耗,记为 ΔW 。

$$\Delta W = \frac{H_0(Q, t)}{367 \times \eta_{\max}(Q, H)} \frac{\Delta \eta(Q, H)}{\eta(Q, H)} + \frac{\Delta H(Q, t)}{367 \times \eta(Q, H)} \quad (7)$$

效率偏差 $\Delta \eta(Q, H)$ 为零时,式(7)中的第一部分等于零。富裕扬程 $\Delta H(Q, t)$ 为零时,第二部分等于零。富裕扬程及效率偏差是泵站电能浪费的主要原因,富裕扬程造成的电能浪费可以采用调速方法予以解决,当前急需解决的问题是泵站整体效率偏差。

2 泵站电耗五项法则

a. 泵站吨水电耗 W 同泵站供水总扬程 H 成正比,与整体效率 η 成反比。

b. 泵站吨水电耗 W 等于目标电耗 $W_{\min}$ 与节电潜力 ΔW 之和: $W = W_{\min} + \Delta W$

c. 富裕扬程 ΔH 和效率偏差 $\Delta \eta$ 两项都为零,吨水电耗 W 达到最小等于目标电耗 $W_{\min}$ 。

d. 富裕扬程 ΔH 或者效率偏差 $\Delta \eta$ 有一项大于零,则节电潜力 ΔW 大于零。

e. 使节电潜力 $\Delta W = 0$ 的必要性由经济性决定,因为要使 $\Delta W = 0$,有时必须要添加调节设备,这样就要对经济性做出判别。

3 用目标电耗技术确定泵站的目标电耗

只要知道了泵站的目标电耗(最低吨水电耗) $W_{\min}$,也就知道了泵站存在的节电潜力 ΔW ;知道了使 $\Delta \eta(Q, H)$ 为零的手段,也就知道了如何实现目

标电耗的控制方法。国家重点科技成果推广项目“泵站目标电耗设计测算软件”Pump Save 1.0 能很好地解决这一问题。该软件使用泵站整体优化模型确定出泵站的最低吨水电耗,并给出整体优化运行控制方法,该软件可以对新建泵站进行目标电耗设计,可以对已有泵站进行节能测算及目标电耗控制运行。使用者只需将泵站所用设备和工艺要求输入该软件,软件自动给出泵站的目标电耗变化曲线,如图1所示。

图1中只要知道流量 Q 就可以查出对应该点的目标电耗值 $W_{\min}$, Q_1 和 Q_2 等流量点的目标电耗达到极限最小值 W_m 。对于大型调水工程,因为有河道和湖泊的调蓄作用,可以把时间 t 内的流量 Q 分解为流量 Q_1 和流量 Q_2 的组合,即: $t = t_1 + t_2$, $Qt = Q_1 t_1 + Q_2 t_2$ 。这样,大型调水工程就可以实现全年工作在目标电耗极限最小值 W_m ,由于大型调水工程全年的耗电量巨大,确定 W_m 意义重大。

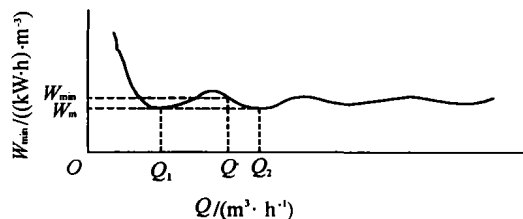


图1 泵站目标电耗变化曲线

参考文献:

- [1] 姚福来. 水泵变频调速的节电量计算及系统设计[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 50 ~ 69.
- [2] 姚福来. 用目标电耗技术定量确定泵站的节电潜力[J]. 变频器世界, 2002, 6(11): 56 ~ 59.

(收稿日期: 2002-08-30 编辑: 张志琴)

(上接第17页)

4 结 语

混凝土多轴强度和变形的试验与理论研究成果中,有些比较成熟的结论已得到认同,更多的还处于探索、深入阶段,有待更多、更准确的试验和理论研究。应在实践中不断改进试验方法和试验技术,以获得更加准确的试验结果,从而为理论研究和工程实践提供基础,取得更好的技术和经济效益。

参考文献:

- [1] 过镇海,王传志,张秀琴,等. 混凝土的多轴强度试验和破坏准则研究[A]. 见: 清华大学抗震抗爆工程研究室.

混凝土力学性能的试验研究[C]. 北京: 清华大学出版社, 1996. 1 ~ 51.

- [2] 过镇海. 混凝土的强度和变形试验基础和本构关系[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997. 109 ~ 122.
- [3] 彭放. 复杂应力状态下多种混凝土的破坏准则及本构模型研究[D]. 大连: 大连理工大学, 1990.
- [4] 蔡澄清. 平面应变状态下混凝土本构模型的试验研究及非线性有限元分析[D]. 大连: 大连理工大学, 1988.
- [5] 李伟政,过镇海. 二轴拉压应力状态下混凝土的强度和变形试验研究[J]. 水利学报, 1991(8): 51 ~ 56.
- [6] 宋玉普,沈吉纳,靳国礼. 多功能三轴混凝土试验系统[J]. 大连理工大学学报, 1992, 32(4): 460 ~ 464.

(收稿日期: 2002-12-03 编辑: 傅伟群)